

(5 %) потребовалось 1 впрыск ($V_{\text{fec}}=0,65$ мл). Для тушения торфяного пожара самыми эффективными растворами были ФР-Лес, антипирен, бентонит. Для полного подавления фронта тления было достаточно 10 впрысков ($V_{\text{fec}}=6,5$ мл). Так же определено среднее время тушения очага для каждого состава (рисунок 2).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году»// МЧС России. 2021. URL: <https://www.mchs.gov.ru/uploads/document/2021-05-07/2f6a02740e1048c96604666552d7c80a.pdf>.
2. Influence of viscosity of fire-extinguishing solution on forest fires extinguish using aviation / N.P. Kopylov, E.A. Moskvilin, D. V. Fedotkin, P.A. Strizhak // Lesotekhnicheskii Zhurnal / Forestry Engineering Journal. – 2016. – V. 6. – P. 62-67.
3. Influence of viscosity of fire-extinguishing solution on forest fires extinguish using aviation / N. Kopylov, E. Moskvilin, D. Fedotkin, P. Strizhak // Forestry Engineering Journal. – 2016. – 2017. – V. 6. – P. 62-67.

Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда (проект № 21-79-00030, <https://rscf.ru/project/21-79-00030/>).

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.О. Жданова, доцент ИШФВП ТПУ.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.В. Абрамов
Томский политехнический университет
ИШЭ, группа А2-46

Камера сгорания ГТД является ключевой деталью, обеспечивающей высокие экологические, эксплуатационные и надёжностные показатели энергетических установок, понимание и прогнозирование физико-химических процессов в них необходимо для обеспечения заданных характеристик, а также для удовлетворения норм вредных выбросов.

Широкое внедрение численного моделирования позволяеткратно сократить затраты на проектирование и испытания перспективных конструкций камер сгорания ГТД, а также позволяет исследовать влияние различных факторов на целевые параметры работы установки. Что в свою очередь уменьшает трудовые и материальные затраты на разработку.

Сокращение выбросов оксидов азота и углеродосодержащих соединений само по себе является сложной инженерной задачей поскольку мероприятия направленные на снижение эмиссии NO_x противоположны мероприятиям по снижению выбросов CO и C_xH_y , что в свою очередь приводит к тому, что любая конструкция камеры сгорания представляет собой компромиссное решение.

Одной из основных проблем при проектировании малоэмиссионных камер сгорания (МКС) является отсутствие завершённой теории сжигания топлива и аналитического расчёта процесса, в результате, в отличие от теории расчёта работы лопаточных машин, зачастую применяется опытный «интуитивный» подход, что в последствии приводит к неточностям и ошибкам, приводящим к удорожанию и усложнению работ по испытаниям. В результате многие ведущие производители газотурбинных двигателей развивают свои подходы к созданию и испытанию МКС [1].

Решение проблемы прогнозирования параметров МКС в первую очередь связано с наличием актуальной базы по исследованиям рабочего процесса, а также организации горения топлива в рабочих условиях, наличием современного измерительного и обрабатывающего оборудования, а значит связано с большими финансовыми затратами.

Для удовлетворения требований к разработке численных моделей выбран программный комплекс ANSYS Fluent, как широкодоступный и универсальный инструмент для проведения численных расчётов связанных с выделением энергии.

Целью данного исследования является создание методологии расчёта малоэмиссионных камер сгорания газотурбинных двигателей на основе применения программных комплексов математического моделирования физико-химических процессов.

Объект исследования – камера сгорания ГТД 16 МВт.

На основании разработанной модели построены зависимости распределения температур по длине камеры сгорания (рисунок 1), а также зависимость концентрации NO_x от длины жаровой трубы (рисунок 2). Данные зависимости в купе с визуализацией результатов исследования позволяют с достаточной точностью судить об эффективности и качестве работы камеры сгорания ГТД, выявлять проблемные зоны, а также прогнозировать рабочие и эксплуатационные характеристики.



Рис. 1. Распределение концентрации NO_x по длине камеры сгорания

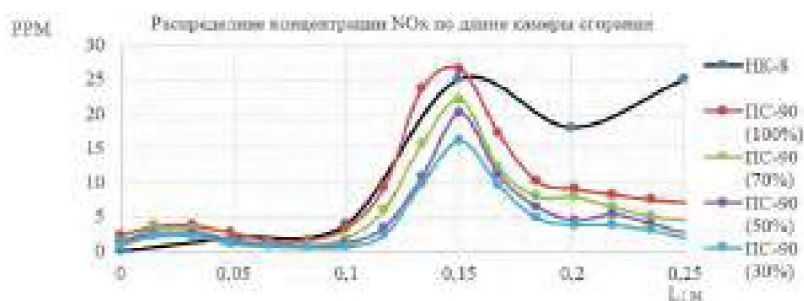


Рис. 2. Распределение концентрации NO_x по длине камеры сгорания

Согласно заявленной цели работы выполнена разработка численного исследования физико-химических процессов в камере сгорания газотурбинной установки мощностью 16 МВт основе методик конечно-элементного анализа. В результате разработки физико-математической модели выявлены основные законы и зависимости, по которым производится моделирование, особое внимание уделено описанию уравнений энергии и течения газа, так как они наиболее важны при решении поставленной задачи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Цыбизов Ю.И. Технология малоэмиссионного сжигания топлива и конструктивный облик камеры сгорания газотурбинной установки / Д.Д. Тюлькин, И.Е. Воротынцев // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2020. – № 8. – С. 107-120.

2. Bulysova L.A. Computational Studies of the Operating Conditions of a Combustor with Staged Combustion of Fuel-Air Mixture / L.A. Bulysova // Power Technol. Eng. – 2020. – № 5. – С. 574-580.
3. Aleksandrov Y.B. Optimal design of a combustion chamber of gas turbine engine by a Combustion chamber 1D-2D computer program / Y.B. Aleksandrov // Materials Science and Engineering. – 2017. – № 1. – P. 220-241.
4. Зубрилин И.А. Влияние процесса горения на структуру закрученного потока за горелочным устройством камеры сгорания газотурбинной установки / И.А. Зубрилин // Вестник Московского авиационного института. – 2019. – № 3 – С. 124-136.

Научный руководитель: к.т.н. Гиль А.В., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ УГЛЕЙ И ШЛАМОВ В ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

В.В. Дорохов

Томский политехнический университет
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа А1-44

Введение. В связи с ежегодно увеличивающимся антропогенным давлением на окружающую среду, актуальным направлением исследований в области энергетики является разработка экологически эффективных технологий сжигания угольных топлив. Одним из способов решения данной задачи является замена традиционных схем подачи угольной пыли в топочные камеры энергетических установок на впрыск водосодержащих суспензионных топлив. Присутствие воды в камерах сгорания позволяет существенно снизить концентрации газовых выбросов. Однако возможно несколько технологических решений по концентрациям компонентов и схемам подачи воды в топочные камеры энергетических установок. Представляет интерес изучение влияния схемы подачи воды в камеру сгорания на характеристики процессов зажигания и горения угольных топлив. В рамках настоящего исследования реализованы три наиболее перспективные схемы сжигания топлива: (i) отдельный ввод частиц угля и капель воды в камеру сгорания; (ii) впрыск водяного пара в зону горения частиц угля; (iii) подача в топку ввод в топку водоугольных суспензий.

Целью данной работы является изучение влияния способа подачи воды в камеру сгорания на характеристики горения угольных топлив. Выполнена сравнительная оценка трех способов подачи воды (вода в составе суспензии, параллельная подача воды и угольного компонента, создание паровоздушной среды) в камеру сгорания с использованием методики многофакторного анализа (MCDM). В качестве критериев сравнения были выбраны времена задержки газофазного (τ_{d1}) и гетерогенного (τ_{d2}) зажигания, максимальные (T_g^{\max}) и минимальные (T_g^{\min}) температуры горения, полнота выгорания, концентрации основных антропогенных выбросов (CO_2 , NO , SO_2).

Экспериментальное исследование.

В качестве угольных компонентов выбирались каменный уголь марки «К» (коксуемый) Березовского месторождения Кемеровской области и угольный шлак, полученный при обогащении угля аналогичной марки.

На рисунке 1 представлена схема стенда, используемого для определения состава дымовых газов при варьировании способа подачи воды и угольного компонента в камеру сгорания. Сжигание исследуемых топлив проводилось в электрической трубчатой муфельной печи Nabertherm R 50/250/13 (внутренний диаметр керамической трубки 0,04 м, длина 0,45 м; диапазон варьирования температуры 20–1200 °С; температура регулируется по сигналу встроенной термопары типа S). Для анализа состава газа применялся газоанализатор Test 1, в который установлены электрохимические сенсоры O_2 (диапазон 0–25 %, абсолютная погрешность $\pm 0,2$ %),